

УДК 621.3.015.3:537.523.3:697.946

Л. З. БОГУСЛАВСКИЙ, канд. техн. наук, зав. отд., ИИПТ НАН
Украины, Николаев;

Л. Н. МИРОШНИЧЕНКО, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., ИИПТ
НАН Украины;

В. В. ДИОРДИЙЧУК, мл. науч. сотр., ИИПТ НАН Украины, Николаев;

Д. В. ВИННИЧЕНКО, мл. науч. сотр., ИИПТ НАН Украины, Николаев;

Н. С. ЯРОШИНСКИЙ, мл. науч. сотр., ИИПТ НАН Украины, Николаев

СОЗДАНИЕ МАКЕТНЫХ ОБРАЗЦОВ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ

Приведены результаты создания макетного образца и экспериментального стенда для электрофизических исследований комплексных систем электрофильтрации экологически опасных промышленных выбросов.

Ключевые слова: дополнительный высоковольтный импульсный источник питания, комплексные системы электрофильтрации, экологически опасные промышленные выбросы.

Введение. Актуальность предлагаемой тематики обусловлена чрезмерным увеличением в последние годы техногенных отходов, отравляющих атмосферу и наносящих непоправимый вред живой и неживой природе и существованию планеты в целом. Ежегодно миллиарды тонн экологически вредных выбросов поступают в биосферу. Жесткие требования, применяемые по ограничению этих выбросов нормами ЕС, являются жизненной необходимостью.

Несмотря на большое количество исследований в этой области, проблема экологически чистого производства, проблема переработки и утилизации промышленных выбросов остается актуальной. В химическом составе выбросов есть разные классы веществ.

Разрядноимпульсная обработка некоторых классов органических соединений может привести не только к утилизации вредных выбросов, но и синтезу новых углеродных наноматериалов.

Экстремальные параметры температуры и давления, которые возникают при разрядноимпульсной обработке углеродсодержащих веществ, позволяют интенсифицировать процессы очистки разноимпедансных газовых выбросов.

Основная идея данной работы - создание комплексных систем газоочистки, суммирующих постоянное высокое напряжение действующих газоочистных систем с дополнительным высоковольтным импульсным напряжением, что позволит не только интенсифицировать процесс газоочистки, но и получить новые данные по электрофизическим процессам деструкции газо-

вых выбросов.

Цель работы – создание макетного образца высоковольтного импульсного источника питания и экспериментального стенда для исследования процессов интенсификации газоочистки путем дозарядки разноимпедансной пыли в комплексных системах газоочистки.

Анализ проблемы. Создание условий для обеспечения эффективной импульсной дозарядки разноимпедансной пыли является сложной научной проблемой [1]. Необходимо контролировать и учитывать параметры аэрозольных потоков (скорость, состав, температуру, влажность, турбулентность). Необходимо учитывать, а при необходимости – корректировать, состояние электродной системы (расстояние между электродами, напряженность электрического поля, износ электродов и его влияние на процессы электрофильтрации, наличие дополнительных включений и т.д.). Необходимо учитывать и контролировать параметры питающей сети.

Дополнительный импульсный источник питания электрофильтров должен обеспечить выполнение этих требований. Для этого необходима интеллектуальная система управления, адаптивные алгоритмы управления с меняющимися в процессе работы координатами состояния, достаточное быстродействие.

Кроме специальных требований, разрабатываемое высоковольтное оборудование должно соответствовать и общим требованиям к современному оборудованию.

Основные из них – своевременно реагировать на изменение характера нагрузки и позволять адекватно воздействовать на регулирующие блоки при изменении контролируемых процессов, для этого необходима современная система управления питанием электрофильтра.

Основными требованиями к дополнительным импульсным источникам питания электрофильтров являются:

- стабильное обеспечение технологических параметров и необходимого диапазона их регулирования;
- надежная работа при изменении нагрузки от короткого замыкания до холостого хода;
- высокое быстродействие и согласование систем защиты и контроля с высоковольтной импульсной нагрузкой;
- минимальные массогабаритные показатели;
- приемлемая стоимость;
- электромагнитная совместимость с питающей сетью;
- высокий ресурс;
- ремонтпригодность (желательно резервирование наименее надежных узлов);
- высокая надежность;
- простота обслуживания (желательно "однокнопочное управление");

- высокий КПД и коэффициент мощности;
- экологическая чистота (уровень электромагнитных помех и акустических шумов должен соответствовать норме).

Создание источника питания с заданными статическими, динамическими, экономическими, энергетическими, экологическими, массогабаритными характеристиками во многом зависит от уровня используемых ключевых элементов, устройств управления и принципов, заложенных в построение системы в целом. Институт импульсных процессов и технологий обладает достаточным опытом для создания подобных систем.

Современный уровень развития техники позволяет реализовать практически любые алгоритмы технологического процесса.

Существует, однако, способ значительного сокращения материальных затрат, который предусматривает блочный принцип построения требуемого по технологии источника питания.

В данном случае могут быть разработаны унифицированные блоки с необходимыми (по требованиям промышленного объекта) параметрами мощности, напряжения, длительности и крутизны импульсов.

Качество, надежность и стабильность работы систем электрофильтрации при стохастическом характере протекающих в них процессов во многом зависит от уровня системы управления процессом.

Материалы исследований. В качестве основной схемы комбинированного питания выбрана схема на основе импульсного трансформатора.

Источники высоковольтного импульсного питания можно разделить на две основные группы: источники с коммутацией энергии на низковольтной стороне и источники с коммутацией энергии на высоковольтной стороне. Источники с коммутацией на высоковольтной стороне отличаются простотой схемотехнических решений, но требуют применения большого числа высоковольтных устройств, стоимость которых значительна, а их эксплуатационный ресурс крайне низок. Это приводит к снижению надежности оборудования, что делает невозможным его использование в условиях тепловых электростанций.

Источники с коммутацией на низковольтной стороне значительно выигрывают по стоимости и надежности, учитывая номенклатуру современных полупроводниковых приборов и надежность их работы. В таких схемах формирование импульсов производится на стороне низковольтной обмотки, что позволяет использовать современные полупроводниковые коммутаторы, обладающие высоким ресурсом работы.

В ходе работы были рассмотрены два варианта схемы модели источника питания с коммутацией на низковольтной стороне. В первой - подключение к электрофильтру осуществлялось через развязывающий конденсатор. В этом случае на нагрузке формируется знакопеременный импульс напряжения.

Более совершенной схемой сопряжения источников питания в комбинированной системе электропитания фильтров можно считать схему вольтодобавки. На рис. 1 приведена модель источника питания с коммутацией на низ-

ковольтной стороне при подключении через схему вольтодобавки.

Использование такой схемы позволяет получить форму импульса напряжения на нагрузке, приведенную на рис. 2.

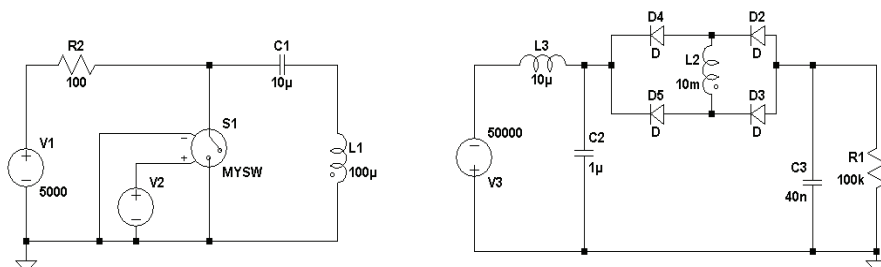


Рисунок 1 – Модель дополнительного источника питания с коммутацией на низковольтной стороне при подключении через схему вольтодобавки

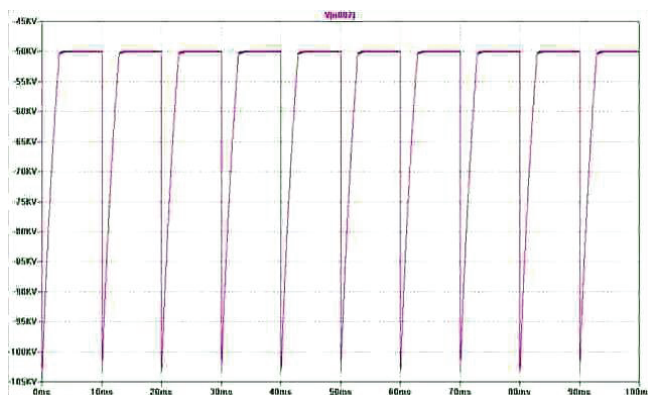


Рисунок 2 – Форма импульса напряжения на нагрузке при использовании схемы вольтодобавки

Как видно из рис. 2, схема вольтодобавки позволяет избежать колебаний напряжения на нагрузке, так как отсутствуют дополнительно введенные реактивные элементы (разделительный конденсатор). В данном случае источник высоковольтных импульсов является униполярным по отношению к нагрузке.

Лабораторный стенд создан для исследований электрофизических процессов систем комплексной электрофильтрации экологически опасных выбросов. На рис. 3 представлена принципиальная схема а на рис. 4 – внешний вид экспериментального стенда для исследования режима комбинированного питания электрофильтра. Основу схемы составляют два источника высокого напряжения. Первый – источник постоянного напряжения, моделирующий работу штатного агрегата питания электрофильтра. Он состоит из автотрансформатора, предназначенного для плавного регулирования питающего на-

пряжения и повышающего трансформатора-выпрямителя ВТМ, для сглаживания пульсаций питающего напряжения введена фильтрующая емкость C_0 .

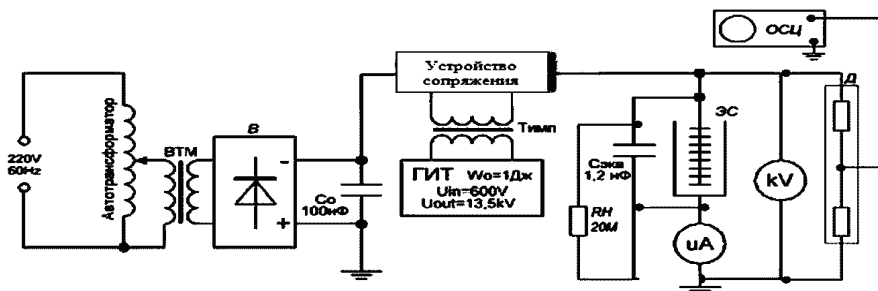


Рисунок 3 – Принципиальная схема экспериментального стенда

Второй источник питания – модельный источник импульсного высокого напряжения, который представляет собой маломощный генератор импульсных токов, нагруженный повышающим импульсным трансформатором $T_{имп}$, который был специально разработан для проведения данных экспериментов (рис. 5). В свою очередь импульсный трансформатор $T_{имп}$ включен в схему питания модели нагрузки. Емкостный накопитель в первичной цепи ГИТ с импульсным трансформатором выбирался из условия $C_{ист} \geq C_{нагр} n^2$, где n – коэффициент трансформации импульсного трансформатора. Амплитуда U_m импульсного напряжения на выходе источника питания достигает 30 кВ.

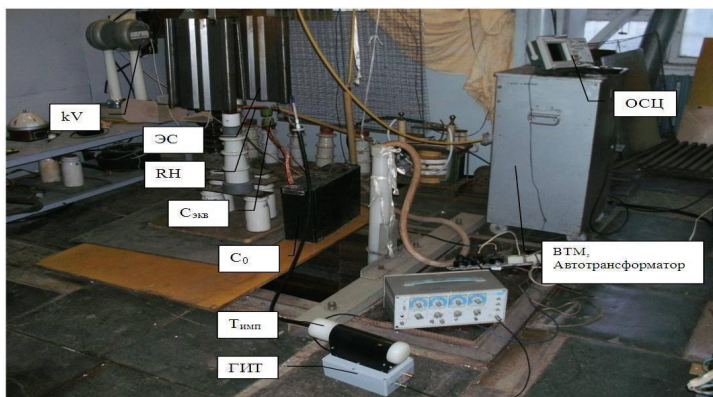


Рисунок 4 – Внешний вид экспериментального стенда

Нагрузка комбинированной системы электропитания моделировалась фрагментом электродной системы (ЭС) электрофильтра и емкостью $C_{экв}$ величиной 1,2 нФ, соответствующей паразитной емкости электродной системы фильтра. Фрагмент электродной системы позволял получить нелинейную со-

ставляющую в общей вольтамперной характеристике модели нагрузки.

Фрагмент электродной системы состоял из основной электродной системы и дополнительных коронирующих электродов. Основные коронирующие электроды были закреплены между двумя осадительными с фиксированным разрядным промежутком 135 мм. Дополнительные коронирующие электроды располагались перпендикулярно торцам осадительных электродов. Устройство макета электродной системы позволяло регулировать величину разрядного промежутка между торцами осадительных электродов и дополнительными коронирующими электродами.



Рисунок 5 – Внешний вид модельного импульсного источника питания на основе импульсного трансформатора

Наложение импульсного напряжения на постоянное напряжение штатного источника питания выполнялось с помощью устройства высоковольтного сопряжения.

Ток, протекающий через нагрузку, регистрировался с помощью микроамперметра (μA). Для минимизации влияния утечки высоковольтных конденсаторов ($C_{\text{эвб}}$) микроамперметр включен только в цепь электродной системы. Напряжение на нагрузке измерялось киловольтметром (kV), форма питающего напряжения регистрировалась с помощью осциллографа (ОСЦ), подключенного параллельно нагрузке через делитель напряжения (Д).

Схема экспериментального стенда работает следующим образом. После подачи питания автотрансформатором устанавливается необходимый уровень питающего напряжения. Высокое синусоидальное напряжение выпрямляется с помощью выпрямителя В, а двух-(одно-) полупериодные пульсации высокого напряжения сглаживаются фильтрующим конденсатором C_0 . В случае, когда источник импульсного питания не генерирует импульсы напряжения, напряжение питания штатного источника прикладывается к нагрузке через устройство сопряжения. Стоит заметить, что при такой ситуации высоковольтные выводы импульсного трансформатора $T_{\text{имп}}$ оказываются под одинаковым потенциалом,

что препятствует его намагничиванию. При генерировании высоковольтного импульса напряжения устройство сопряжения суммирует напряжение штатного источника питания и импульсного источника питания.

Фактически использование устройств сопряжения позволяет рассматривать соединение источников питания электрофильтра как последовательное соединение двух источников ЭДС.

Формы импульсов напряжения, полученных для различных значений уровня постоянного напряжения на нагрузке, приведены на рис. 6.

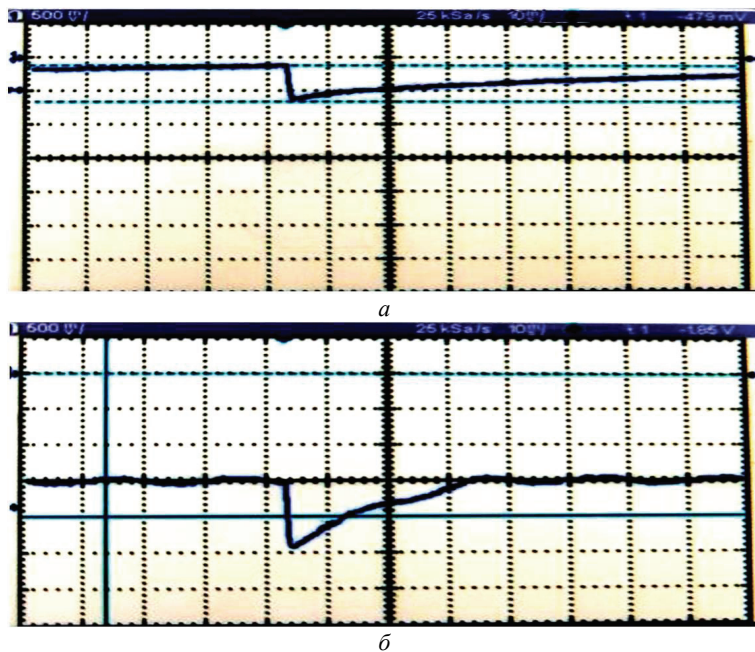


Рисунок 6 – Форма импульса напряжения на нагрузке при $U_{\text{пост}}=3 \text{ kV}$ (a); $U_{\text{пост}}=45 \text{ kV}$ (б)

Выводы. Выполнен анализ вариантов построения систем комбинированного питания электрофильтра, определены требования к построению импульсных высоковольтных высокочастотных дополнительных источников питания, разработан макетный образец импульсного источника питания, разработан лабораторный стенд для исследования процессов деструкции газовых выбросов комплексной системы газоочистки.

Проведены экспериментальные исследования электромагнитных процессов в импульсных источниках питания при различных частотах следования импульсов и различных положениях дополнительных коронирующих электродов, которые показали, что при увеличении напряжения основного источника питания до 50 кВ за счет существенного снижения сопротивления нагрузки при разряде в пылевом потоке длительность импульса может дости-

гать величини не более 100-500 мкс.

Преимущество создания дополнительных импульсных блоков в действующих системах электрофильтрации состоит в существенном уменьшении суммарной материалоемкости, энергоемкости системы и обеспечении качественно нового уровня электрофильтрации разноимпедансной пыли.

Список литературы. 1. Богуславский Л.З. Влияние режимов работы высоковольтного источника питания на формирование стримерного коронного разряда и эффективность систем газоочистки / Л.З. Богуславский, Л.Н. Мирошниченко, Ю.Г. Казарян, Н.С. Ярошинский // Технічна електродинаміка. Тем. вип. Силова електроніка та енергоефективність. – 2011. – Ч. 1. – С. 44-49.

Поступила в редколлегию 24.10.2012

УДК 621.3.015.3:537.523.3:697.946

Создание макетных образцов высоковольтного оборудования комплексных систем электрофильтрации экологически опасных промышленных выбросов / Л. З. Богуславский, Л.Н. Мирошниченко, В.В. Диордийчук, Д. В. Винниченко, Н. С. Ярошинский // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2012. – № 52 (958). – С. 31-38. – Бібліогр.: 1 назв.

Наведено результати створення макетного зразка та експериментального стенда для електрофізичних досліджень комплексних систем електрофільтрації екологічно небезпечних промислових викидів.

Ключові слова – додаткове високовольтне імпульсне джерело живлення, комплексні системи електрофільтрації, екологічно небезпечні промислові викиди

It is described high voltage high power pulse current generator creation applied for electropulse installations. The result of studying processes of high voltage impulse and it's characteristics is attached. References 6, figures 6

Keywords – high voltage high frequency pulse current generator, high voltage charge processes, high frequency pulse, exhausted gas treatment.